

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
this Office.

願年月日  
Date of Application:

1996年 7月24日

願番号  
Application Number:

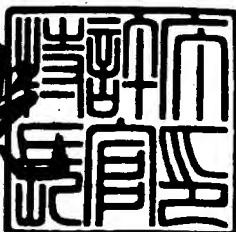
平成 8年特許願第213211号

願人  
Applicant(s):

トヨタ自動車株式会社

1997年 5月 2日

特許庁長官  
Commissioner  
Patent Office

荒井 寿  


【書類名】 特許願

【整理番号】 964006

【提出日】 平成 8年 7月24日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】 C12N 15/31

【発明の名称】 ファルネシルニリン酸合成酵素

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 中根 弘之

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 大音 徳

【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区川内川前町4 8番地1 レジデンス  
広瀬102号

【氏名】 大沼 信一

【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市太白区桜木町1-30-310

【氏名】 広岡 和丈

【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区南吉成2丁目15番地3

【氏名】 西野 徳三

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代表者】 和田 明広

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【代理人】

【識別番号】 100087871

【弁理士】

【氏名又は名称】 福本 積

【代理人】

【識別番号】 100088269

【弁理士】

【氏名又は名称】 戸田 利雄

【代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9300159

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ファルネシルニリン酸合成酵素

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プレニルニリン酸合成酵素のアミノ酸配列において、第二領域中に存在するアスパラギン酸リッチドメイン DDX(X)D (配列中Xは任意のアミノ酸を表わし、カッコ内の2個のXは存在しない場合がある) のN-末端のDから5残基N-末端側に位置するアミノ酸残基～N-末端のDから1残基N-末端側に位置するアミノ酸残基及び前記アスパラギン酸リッチドメインのC-末端のDから1残基N-末端側に位置するアミノ酸残基の内少なくとも1個が他のアミノ酸残基により置換されており、そして／又は前記アスパラギン酸リッチドメインのC-末端のDから1残基N-末端側に位置するアミノ酸残基と該C-末端のDとの間に追加のアミノ酸が挿入されている修飾されたアミノ酸配列を有する変異型プレニルニリン酸合成酵素。

【請求項 2】 前記プレニルニリン酸合成酵素の反応産物が、ファルネシルニリン酸である、請求項1に記載の変異型酵素。

【請求項 3】 前記プレニルニリン酸合成酵素が、ホモダイマー型である請求項1又は2に記載の変異型酵素。

【請求項 4】 前記プレニルニリン酸合成酵素が、アーキア由来である請求項1又は2に記載の酵素。

【請求項 5】 前記プレニルニリン酸合成酵素が、スルホロバス・アシドカルダリウス (Sulfolobus acidocaldarius) 由来である請求項1又は2に記載の変異型酵素。

【請求項 6】 前記プレニルニリン酸合成酵素が、変異前のプレニルニリン酸合成酵素が有する特性を保持している請求項1又は2に記載の変異型酵素。

【請求項 7】 前記プレニルニリン酸合成酵素が耐熱性酵素である、請求項1又は2に記載の変異型酵素。

【請求項 8】 配列番号：1に示すアミノ酸配列を有するゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素において、77位のフェニルアラニン、78位のスレオニン、80位のバリン、81位のヒスチジン及び84位のイソロイシンの内少なくと

も1個のアミノ酸が他のアミノ酸に置換されており、そして／又は84位のイソロイシンと85位のメチオニンの間にアミノ酸が挿入されている、請求項1又は2に記載の変異型プレニル二リン酸合成酵素。

【請求項9】 請求項1～8のいずれか1項に記載の酵素をコードするDNA。

【請求項10】 請求項9の記載のDNAから転写されるRNA。

【請求項11】 請求項9記載のDNAを含んで成る組換えベクター。

【請求項12】 請求項11に記載の組換えベクターにより形質転換された宿主生物。

【請求項13】 請求項12に記載の宿主を培養し、培養物から発現生成物を採取する事を特徴とする、請求項1～8いずれか1項に記載の変異型酵素の製造方法。

【請求項14】 請求項1～8のいずれか1項に記載の酵素又は請求項13に記載の方法により製造される酵素を、イソペンテニル二リン酸、ジメチルアリル二リン酸、ゲラニル二リン酸から成る群から選択される基質に作用せしめるこれを特徴とする炭素数15以下のプレニル二リン酸の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ステロイド、ユビキノン、ドリコール、カロテノイド、プレニル化蛋白質、動物ホルモン、植物ホルモンなどの生体にとって重要な化合物の前駆体である直鎖状プレニル二リン酸を合成する新規変異型酵素、該酵素をコードする遺伝子系、並びに該酵素の製造方法及び使用方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

生体内で重要な機能を持つ物質のうち、イソプレン(isoprene: 2-メチル-1, 3-ブタジエン)を構成単位として生合成される物質は数多い。これらの化合物はイソプレノイド(isoprenoid)、テルペノイド(terpenoid)、テルペン(terpene)とも呼ばれ、炭素数によりヘミテルペン(hemiterpene, C5)、モ

ノテルペン (monoterpene, C<sub>10</sub>) 、セスキテルペン (sesquiterpene, C<sub>15</sub>) 、ジテルペン (diterpene, C<sub>20</sub>) 、セスタテルペン (sesterterpene, C<sub>25</sub>) 、トリテルペン (triterpene, C<sub>30</sub>) 、テトラテルペン (tetraterpene, C<sub>40</sub>) などに分類される。実際の生合成は、メバロン酸合成経路 (mevalonate pathway) を経て、メバロン酸-5-二リン酸が合成され、活性型イソプレン単位であるイソペントニル二リン酸 (IPP : isopentenyl diphosphate) が合成されるところから始まる。

## 【0003】

架空の前駆体物質として提唱されたイソプレン単位の真の姿は、結局、活性型イソプレン単位といわれるイソペントニル二リン酸であった。イソペントニル二リン酸の異性体であるジメチルアリル二リン酸 (DMAPP : dimethylallyl diphosphate) は植物ホルモンのサイトカインとして知られるイソペントニルアデニンの反応基質に用いられもするが、イソペントニル二リン酸との縮合反応によってゲラニル二リン酸 (GPP : geranyl diphosphate) 、ネリル二リン酸 (neryl diphosphate) 、ファルネシル二リン酸 (FPP : farnesyl diphosphate) 、ゲラニルゲラニル二リン (GGPP : geranyl geranyl diphosphate) 、ゲラニルファルネシル二リン酸 (GEPP : geranyl farnesyl diphosphate) 、ヘキサプレニル二リン酸 (HexPP : hexaprenyl diphosphate) 、ヘプタプレニル二リン酸 (HepPP : heptaprenyl diphosphate) などの鎖状活性型イソプレノイドが合成されることが知られている。

## 【0004】

縮合反応にはE型とZ型がありゲラニル二リン酸はE型、ネリル二リン酸はZ型縮合産物である。ファルネシル二リン酸やゲラニルゲラニル二リン酸などでは全-E型が活性型と考えられるが、Z型縮合反応することによって天然ゴムやドリコール・バクトプレノール (ウンデカプレノール) や植物で見出だされる各種ポリプレノールが合成される。これらは分子内に持つピロリン酸と炭素骨格のリン酸エステル結合エネルギーを用いて縮合反応していくと考えられ、反応副産物としてはピロリン酸が生成すると考えられている。

## 【0005】

ファルネシル二リン酸やゲラニルゲラニル二リン酸が反応基質となり、細胞内シグナル伝達機構に重要なG蛋白質に代表されるプレニル化蛋白質（ファルネシル二リン酸・ゲラニルゲラニル二リン酸から）、アーキア（archaea）の細胞膜脂質（ゲラニルゲラニル二リン酸から）、ステロイド前駆体のスクアレン（ファルネシル二リン酸から）、カロテノイド前駆体のフィトエン（ゲラニルゲラニル二リン酸から）が合成される。6, 7イソプレン単位のヘキサプレニル二リン酸、ヘプタプレニル二リン酸から10イソプレン単位までのプレニル二リン酸は電子伝達系で機能するユビキノンやメナキノン（ビタミンK2）の合成前駆体となる。

## 【0006】

さらに、これら活性型イソプレノイド生合成を経由して次のような生命にとって重要且つ膨大な種類の化合物が合成されている。一部分の化合物を列記しても、ヘミテルペンを合成前駆体とするものとしては植物ホルモンのサイトカイininやイソペンテニルアデノシン修飾tRNAがあり、モノテルペンのゲラニオールとその異性体ネロールは薔薇油主成分の香料であり、楠抽出物の樟脑は防虫剤である。セスキテルペンとしては昆虫の幼若ホルモン（juvenile hormone）、ジテルペンとしては植物ホルモンのジベレリンや昆虫道しるべフェロモン（trail pheromone）、視色素前駆体や高度好塩古細菌の紫膜蛋白質結合成分やビタミンAとして機能するレチノール・レチナールがある。

## 【0007】

さらに、トリテルペンのスクアレンを合成前駆体として膨大な種類のステロイド系化合物が合成され、例えば動物の性ホルモンやビタミンD、昆虫の脱皮ホルモンのエクダイソン、植物ホルモンのプラシノライド、原形質膜成分などになる。種々の生物の色素・ビタミンA前駆体であるテトラテルペンの各種カロテノイドもまた、活性型イソプレノイド由来の重要な化合物であり、クロロフィル、フェオフェチン、トコフェロール（ビタミンE）、フィロキノン（ビタミンK1）もテトラテルペン由来の化合物である。

## 【0008】

アリル性(allylic) 基質であるジメチルアリル二リン酸、ゲラニル二リン酸、

ファルネシル二リン酸、ゲラニルゲラニル二リン酸、ゲラニルファルネシル二リン酸などにイソペンテニル二リン酸を順次縮合していく活性型イソプレノイド合成酵素はプレニル二リン酸合成酵素と呼ばれ、主要反応産物の最大鎖長の化合物名に従って、例えば、ファルネシル二リン酸合成酵素(FPP synthase) やゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素(GGPP synthase) などと呼ばれる。現在までにバクテリア、アーキア(archaea)、真菌、植物、動物からファルネシル二リン酸合成酵素、ゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素、ヘキサプレニル二リン酸合成酵素、ヘプタプレニル二リン酸合成酵素、オクタプレニル二リン酸合成酵素、ノナプレニル二リン酸合成酵素(ソラネシル二リン酸合成酵素)、ウンデカプレニル二リン酸合成酵素などの酵素の精製、活性測定、遺伝子クローニング・塩基配列決定が報告されている。

## 【0009】

産業的にも生命化学的にも重要かつ多岐にわたる化合物合成の根本をなすこれら活性型イソプレノイド合成酵素は、一般的に不安定で取り扱いが困難であり、かつ比活性も低く工業的な利用価値が望めなかった。ところが、ここ数年、好熱性のバクテリアやアーキアから耐熱性のプレニル二リン酸合成酵素が単離されたり、その遺伝子が取得され、酵素として利用可能な条件が整ってきた。

## 【0010】

ファルネシル二リン酸合成酵素では中等度好熱菌であるバシラス・ステアロサーモフィラス (Bacillus stearothermophilus) から遺伝子が単離され中等度の耐熱性を有する酵素が大腸菌を宿主細胞として製造された [T.Koyama et al.(1993) J.Biochem. 113, 355-363、平成3年特許出願公開第219961号]。ゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素においては高度好熱性のスルホロバス・アシドカルダリウス (Sulfolobus acidocaldarius) 及びサーマス・サーモフィラス (Thermus thermophilus) の遺伝子が単離され [S.-i. Ohnuma et al.(1994) j. Biol. Chem. 269, 14792-14797、平成6年特許出願公開第308193号、平成7年特許願第294956号]、耐熱性の高い酵素が製造された。

## 【0011】

さらにファルネシル二リン酸合成酵素とゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素の

機能をあわせもったプレニル二リン酸合成酵素も高度好熱性のメタノバクテリウム・サーモオートトロピカム (Methanobacterium thermoautotrophicum) より酵素及びそれをコードする遺伝子が単離され [A.Chen and D.Poulter(1993)J.Biol. Chem. 268, 11002-11007, A.Chen and D. Poulter(1994) ARCHIVES OF BIO CHEMISTRY AND BIOPHYSICS 314]、酵素の耐熱性が明らかにされている。

## 【0012】

しかしながら、メタノバクテリウム・サーモオートトロピカム (Methanobacterium thermoautotrophicum) 由来のファルネシル二リン酸／ゲラニルゲラニル二リン酸合成においては、酵素活性のアッセイに関して反応産物の薄層クロマトグラフ解析データなどの鎖長を特定する結果は報告されておらず、ゲラニル二リン酸をアリル性基質として測定することにより類推している。ゲラニル二リン酸はゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素の基質とも成りうることから、単純にファルネシル二リン酸合成酵素活性のみが測定されているとは考え難い。

## 【0013】

さらに、ファルネシル二リン酸合成酵素においては、より高い耐熱性あるいは耐塩性あるいは低pH耐性の酵素を有すると考えられるアーキアにおいてはその存在が確認されていない。

上述のごとくバシラス・ステアロサーモフィラス (Bacillus stearothermophilus) 由来のファルネシル二リン酸合成酵素を利用することにより不安定で取り扱いが困難であるという問題の一部は解決された。しかし、より耐熱性の高い酵素の方が安定で工業的に取り扱いやすい。

## 【0014】

さらに、より長鎖長のプレニル二リン酸合成酵素にはファルネシル二リン酸を基質として作用するものが存在し、このような長鎖長プレニル二リン酸合成酵素とともにその基質を供給する目的でファルネシル二リン酸合成酵素を同時に作用させる場合、長鎖長プレニル二リン酸合成酵素と同等ないしはそれ以上の安定性を持つ酵素であることが要求される。また、工業的にファルネシル二リン酸を製造することを目的とした場合、酵素を固定化ないしは回収し、再生利用する事が必要になる。酵素を再生する場合酵素自身がより耐熱性が高く安定であるのみな

らず、より耐塩性が高いあるいはより広範囲のpHで安定であることが望まれる。

### 【0015】

#### 【関連技術】

プレニル二リン酸合成酵素のアミノ酸配列解析から提唱されている2つのアスパラギン酸リッチドメインのうち、アミノ末端側のアスパラギン酸リッチドメイン保存配列I (DDXX (XX) D) (配列中、Xは任意のアミノ酸を表し、カッコ内の2個のXは存在しない場合がある、以下同じ) の5アミノ酸残基上流に位置するアミノ酸残基が反応産物の鎖長制御に関与することがわかり、反応産物鎖長を長くする目的をもって反応生成物を制御する方法は発明されている〔平成8年7月3日出願の「変異型プレニル二リン酸合成酵素」と題する特許出願〕。その方法により製造した酵素では数種の鎖長の反応生成物を生じさせる。しかし、ゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素を変異させ反応生成物をより短鎖長側に制御し、ファルネシル二リン酸を生成させる方法は知られていない。

### 【0016】

#### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、プレニル二リン酸合成酵素のアミノ酸配列を改変し、ファルネシル二リン酸合成酵素の製造方法を確立することにある。より安定性の高い、あるいは比活性の高い等の工業的に利用しやすい特性を有する新規酵素が得られれば、ただちに、この方法に従いアミノ酸残基を改変することにより、変異前のプレニル二リン酸合成酵素が有していた特性を保持したファルネシル二リン酸を生成する変異型プレニル二リン酸合成酵素およびその遺伝子を得ることが可能となる。

### 【0017】

#### 【課題を解決するための手段】

変異型スルホロバス・アシドカルダリウス (*S. acidocaldarius*) のゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素遺伝子の塩基配列情報から、プレニル二リン酸合成酵素のアミノ酸配列解析から提唱されている2つのアスパラギン酸リッチドメインのうち、アミノ末端側のアスパラギン酸リッチドメイン保存配列I (DDXX (XX) D) の内部のアミノ酸残基、又は該保存配列Iのアミノ末端側からN-末

端側のアミノ酸残基5個が反応産物の鎖長制御に関与することがわかった。

#### 【0018】

従って本発明は、プレニル二リン酸合成酵素のアミノ酸配列において、第二領域中に存在するアスパラギン酸リッチドメインDDXX(XX)D(配列中Xは任意のアミノ酸を表わし、カッコ内の2個のXは存在しない場合がある)のN-末端のDから5残基N-末端側に位置するアミノ酸残基～N-末端のDから1残基N-末端側に位置するアミノ酸残基及び前記アスパラギン酸リッチドメインのC-末端のDから1残基N-末端側に位置するアミノ酸残基の内少なくとも1個が他のアミノ酸残基により置換されており、そして／又は前記アスパラギン酸リッチドメインのC-末端のDから1残基N-末端側に位置するアミノ酸残基と該C-末端のDとの間に追加のアミノ酸が挿入されている修飾されたアミノ酸配列を有する変異型プレニル二リン酸合成酵素を提供する。

#### 【0019】

本発明は変異前のプレニル二リン酸合成酵素が有していた特性を保持した、ファルネシル二リン酸を生成する変異型プレニル二リン酸合成酵素を提供する。

本発明はまた、前記酵素をコードするDNA又はRNAを提供する。

本発明はさらに、上記DNAを含んで成る組換えベクター、特に発現ベクターを提供する。

本発明はさらに、上記ベクターにより形質転換された宿主を提供する。

本発明はまた、前記の酵素を、イソペンテニル二リン酸、ジメチルアリル二リン酸、ゲラニル二リン酸から成る群から選択される基質に作用せしめることを特徴とする炭素数15以下のプレニル二リン酸の製造方法を提供する。

本発明はさらに、前記の宿主を培養し、培養物から発現生成物を採取することを特徴とする、請求項1～8のいずれか1項に記載の製造方法を提供する。

#### 【0020】

##### 【発明の実施の形態】

プレニル二リン酸合成酵素(ヘテロダイマーの場合は一方のサブユニット)のアミノ酸配列には5つの保存領域があることが提唱されている[A. Chen et al., Protein Science Vol.3, pp.600-607, 1994]。また、これら5個の保存領域

の内、第II領域中にアスパラギン酸リッチドメイン保存配列I「D D X X (X X) D」（この配列中、Xは任意のアミノ酸を表わし、カッコ内のX Xは存在しない場合がある）ことが知られている。なお、第V領域にも「D D X X D」で示されるアスパラギン酸リッチドメインが存在するが、本発明においてアミノ酸配列の改変部位を特定するために用いるアスパラギン酸リッチドメインは第II領域に存在するものであり、第V領域に存在するアスパラギン酸リッチドメインIIに対して、アスパラギン酸リッチドメインIとして区別する。

## 【0021】

上記のごときアスパラギン酸リッチドメインを有するプレニル二リン酸合成酵素としては、ファルネシル二リン酸合成酵素、ゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素、ヘキサプレニル二リン酸合成酵素、ヘプタプレニル二リン酸合成酵素、オクタプレニル二リン酸合成酵素、ノナプレニル二リン酸合成酵素、ウンデカプレニル二リン酸合成酵素等が挙げられる。さらに具体的な例として、バシラス・ステアロサーモフィラス (Bacillus stearothermophilus) のファルネシル二リン酸合成酵素、エセリシア・コーライ (Escherichia coli) のファルネシル二リン酸合成酵素、サッカロミセス・セレビシエ (Saccharomyces cerevisiae) のファルネシル二リン酸合成酵素、ラットのファルネシル二リン酸合成酵素、ヒトのファルネシル二リン酸合成酵素、ニューロスボラ・クラッサ (Neurospora crassa) のゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素、サッカロミセス・セレビシエ (Saccharomyces cerevisiae) のヘキサプレニル二リン酸合成酵素、等があげられる。

## 【0022】

これらの内の幾つかの例として、ゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素のアミノ酸配列における領域I～V、及び領域IIの中のアスパラギン酸リッチドメインI（わく内）を図1に示す。

本発明は、これらアスパラギン酸リッチドメインIを有する任意のプレニル二リン酸合成酵素に適用することができる。

## 【0023】

本発明によれば、プレニル二リン酸合成酵素のアミノ酸配列において、第二領域中に存在するアスパラギン酸リッチドメインDDXX (X X) D（配列中Xは

任意のアミノ酸を表わし、カッコ内の 2 個の X は存在しない場合がある) の N-末端の D から 5 残基 N-末端側に位置するアミノ酸残基～N-末端の D から 1 残基 N-末端側に位置するアミノ酸残基及び前記アスパラギン酸リッチドメインの C-末端の D から 1 残基 N-末端側に位置するアミノ酸残基の内少なくとも 1 個が他のアミノ酸残基により置換されており、そして／又は前記アスパラギン酸リッチドメインの C-末端の D から 1 残基 N-末端側に位置するアミノ酸残基と該 C-末端の D との間に追加のアミノ酸が挿入されている。

## 【0024】

本発明の変異型プレニル二リン酸合成酵素は、変異前のプレニル二リン酸合成酵素が合成するプレニル二リン酸の鎖長よりも短いファルネシル二リン酸を合成することができる。

本発明においては、具体例として、高度好熱性アーキアのスルホロバス・アシドカルダリウス (Sulfolobus acidocaldarius) のゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素遺伝子を出発材料として用いる。スルホロバス・アシドカルダリウス (Sulfolobus acidocaldarius) は ATCC No.33909として、ATCCより入手することができる。この遺伝子のクローニング方法は特願平 6-315572 の明細書に詳細に記載されている。また、GenBank 等の遺伝情報データベースでもアクセション番号 D28748 で公開されており、その配列をプロープに用いれば広く知られた方法によりクローニングできる。さらに、他のクローニング方法の一例を本明細書に実施例 1 として記載すると共に、その塩基配列を配列番号：2 として示す。

## 【0025】

本発明の変異型酵素は、さらに具体的には、配列番号：1 に示すアミノ酸配列を有するゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素において 77 位のフェニルアラニン、78 位のスレオニン、80 位のバリン、81 位のヒスチジン及び、84 位のイソロイシンの内少なくとも 1 個のアミノ酸が他のアミノ酸に置換されており、そして／又は 84 位のイソロイシンと 85 位のメチオニンの間にアミノ酸が挿入されている、請求項 1 又は 2 に記載の変異型プレニル二リン酸合成酵素である。

本発明においては、具体例として、配列番号：1 に示すアミノ酸において下記

のごとくアミノ酸配列が置換されたアミノ酸配列を有する酵素を挙げることができる。

#### 【0026】

変異酵素1：78位のスレオニン→フェニルアラニン及び81位のヒスチジン→アラニンの変化

変異酵素2：78位のスレオニン→フェニルアラニン及び81位のヒスチジン→ロイシンの変化

変異酵素3：77位のフェニルアラニン→チロシン、78位のスレオニン→フェニルアラニン及び81位のヒスチジン→ロイシンの変化

変異酵素4：77位のフェニルアラニン→チロシン、78位のスレオニン→フェニルアラニン及び81位のヒスチジン→アラニンの変化

変異酵素5：77位のフェニルアラニン→チロシン、78位のスレオニン→セリン、80位のバリン→イソロイシン、84位のイソロイシン→ロイシンの変化及び84位のイソロイシンと85位のメチオニンの間にプロリンとセリンの挿入。

#### 【0027】

本発明においては、変異型プレニル二リン酸合成酵素が変異前のプレニル二リン酸合成酵素の有していた特性を保持することを示す。具体例として、上述5つの変異型酵素が変異前のゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素と同等の耐熱性を示す。

酵素はその生来のアミノ酸配列に比べて1又は少数個のアミノ酸の付加、除去、及び／又は置換によって修飾されている場合でもその本来の酵素活性を有する場合があることが知られている。従って、本発明は配列番号1に示されるアミノ酸配列に対して1又は少数個、例えば5個まで、又は10個までのアミノ酸が置換、欠失及び／又は付加により変化しているアミノ酸配列を有し、なお生来の機能を果たすことができる酵素も包含する。

#### 【0028】

本発明はまた、上記の種々の変異型酵素をコードする遺伝子及びそれを含むベクター、特に発現ベクター、及び該ベクターにより形質転換された宿主を提供す

る。本発明の遺伝子（D N A）は、例えば配列番号：1に示す生来のアミノ酸配列をコードするD N Aに部位特定突然変異誘発やP C R法等の定法に従って変異を導入することにより容易に得ることができる。

さらに、一旦目的とする酵素のアミノ酸配列が定まれば、それをコードする適当な塩基配列を決定することができ、常用D N A合成法によりD N Aを化学合成することもできる。

#### 【0029】

本発明はまた、前記のごときD N Aを含んで成る発現ベクター、該発現ベクターにより形質転換された宿主、及びこれらの宿主を用いての本発明の酵素又はペプチドの製造法を提供する。

発現ベクターはその複製開始点、発現制御配列等を含有するが、これらは宿主により異なる。宿主としては、原核生物、例えば細菌、例えば大腸菌、バシラス属細菌、例えばバシラス・ズブチリス (Bacillusu subtilis)、真核性微生物、例えば真菌、例えば酵母、例えばサッカロミセス (Saccharomyces) 属に属するサッカロミセス・セレビシエ (S. cerevisiae) やピキア (Pichia) 属に属するピキア・パストリス (Pichia pastoris)、糸状菌、例えばアスペルギルス・ニガー (A. niger)、動物細胞、例えばカイコの培養細胞、高等動物の培養細胞例えばC H O細胞等が挙げられる。また、植物を宿主とすることも可能である。

#### 【0030】

本発明によれば、実施例に示すごとく、本発明のD N Aにより形質転換した宿主を培養することにより、培養物中にファルネシル二リン酸を蓄積することができ、これを採取することによりファルネシル二リン酸を製造することができる。本発明によればまた、本発明の方法により製造した変異型プレニル二リン酸合成酵素を基質イソペンテニル二リン酸及び各アリル性基質、例えばジメチルアリル二リン酸、ゲラニル二リン酸に作用させることによってもファルネシル二リン酸を製造することができる。

#### 【0031】

宿主に大腸菌を用いる場合を例に取れば、D N Aからm R N Aを転写する過程

とmRNAからタンパク質を翻訳する過程などの遺伝子発現調節機能があることが知られている。mRNAの合成を調整するプロモータ配列として、天然に存在する配列（例えば lac, trp, bla, lpp, P<sub>L</sub>, P<sub>R</sub>, ter, T7, T3など）以外にも、それらの変異体（例えば lac UV 5）や天然にあるプロモーター配列を人工的に融合した（例えば tac, trcなど）配列が知られており、本発明にも使用できる。

mRNAからタンパク質を合成する能力を調節する配列として、リボソームバインディングサイト (GGAGG及びその類似配列) 配列と開始コドンであるATGまでの距離が重要であることは既知である。また3'側に転写終了を指令するターミネーター（例えば、rrn P T<sub>1</sub> T<sub>2</sub> を含むベクターがファルマシア社から市販されている）が組換え体でのタンパク質合成功率に影響することはよく知られている。

#### 【0032】

本発明の組換えベクターを調製するのに使用できるベクターとしては、市販のものをそのまま用いるか、または目的に応じて誘導した各種ベクターを挙げることができる。例えば、pMB由来のrepuliconを持つpBR322, pBR327, pKK223-3, pKK233-2, pTrc99等や、コピー数が向上するように改変したpUC18, pUC19, pUC118, pUC119, pTV118N, pTV119N, pBlue script, pHSG298, pHSG396等、またp15A由来のrepuliconを持つpACYC117やpACYC184等、さらにはpSC101やColE1やR1やF因子などに由来するプラスミドが挙げられる。

#### 【0033】

さらに、より精製の容易な融合蛋白質発現ベクター例えばpGEX-2T, pGEX-3XやpMal-c2のようなベクターも利用でき本発明の出発材料として用いた遺伝子の例が特願平6-315572に記載されている。

また、プラスミド以外にも、λファージやM13ファージのようなウイルスベクターやトランスポゾンによっても遺伝子導入が可能である。大腸菌以外の微生物への遺伝子導入では、pUB110 (Sigma社から販売) やpHY300

P L K (宝酒造より販売) などによるバシラス属への遺伝子導入が知られている。これらベクターについては Molecular Cloning (J.Sambrook, E.F.Fritsch, T. Maniatis著 Cold Spring Habor Laboratory Press 発行) や Cloning Vector (P.H.Pouwels, B.B.Bnger, Valk, W.J.Brammar 著 Elsevier発行) や各社カタログに記載されている。

## 【0034】

これらのベクターへの、プレニルニリン酸合成酵素をコードするDNA断片及び必要により前記酵素の遺伝子を発現調節する機能を有するDNA断片の組み込みは、適当な制限酵素とリガーゼを用いる既知の方法で行うことができる。こうして作製される発明のプラスミドの具体的なものとしては pBs-SacGGPS が挙げられる。

このような組換えベクターで遺伝子導入できる微生物としてはエシェリシアコリー (Escherichia coli) 、バシラス属 (Bacillus) 属に属する微生物も利用することができる。この形質転換も常法、例えば Molecular Cloning (J.Sambrook, E.F.Fritsch, T. Maniatis著 Cold Spring Habor Laboratory Press 発行や DNA Cloning Vol.I~III (D.M.Glover 編 IRL PRESS発行) などに記載された、CaCl<sub>2</sub> 法やプロトプラスト法により行うことができる。

## 【0035】

本発明の変異型酵素を製造するには、上記形質転換された宿主を培養し、その培養物から常法に従って、例えば塩析、有機溶媒沈殿、ゲルfiltration、アフィニティーカロマトグラフィー、疎水クロマトグラフィー、イオン交換クロマトグラフィー等により回収精製することができる。

本発明はまた、本発明の酵素を用いてファルネシルニリン酸を製造する方法を提供する。この方法においては、媒体、特に水性媒体中で、本発明の酵素とを反応せしめ、所望により反応媒体から目的とするプレニルニリン酸を採取すればよい。酵素としては、精製酵素のみならず、種々の段階まで半精製して得られる粗酵素、又は培養菌体もしくは培養物等の酵素含有物でもよい。また、前記の酵素、粗酵素又は酵素含有物を常法に従って固定した固定化酵素であってもよい。

## 【0036】

基質としてはジメチルアリルニリン酸または、ゲラニルニリン酸とイソペンテニルニリン酸とが用いられる。反応媒体としては水又は水性緩衝液例えばトリス緩衝液やリン酸緩衝液等が用いられる。

本発明で得られた変異型プレニルニリン酸製造法を用いれば、例えばより安定性が高く扱いやすいアーキア由来のファルネシルニリン酸を生成する変異型プレニルニリン酸合成酵素を創出することが可能となる。また、変異前のプレニルニリン酸合成酵素の特性を付与した例えば耐塩性あるいは広範囲のpHで安定なファルネシルニリン酸を生成する変異型プレニルニリン酸合成酵素の創出も期待できる。

特許請求の範囲と明細書中で、アミノ酸残基は以下の1文字表記または3文字表記の略号で示される。

【0037】

- A ; A l a ; アラニン
- C ; C y s ; システイン
- D ; A s p ; アスパラギン酸
- E ; G l u ; グルタミン酸
- F ; P h e ; フェニルアラニン
- G ; G l y ; グリシン
- H ; H i s ; ヒスチジン
- I ; I l c ; イソロイシン
- K ; L y s ; リジン
- L ; L e u ; ロイシン
- M ; M e t ; メチオニン
- N ; A s n ; アスパラギン
- P ; P r o ; プロリン
- Q ; G l n ; グルタミン
- R ; A r g ; アルギニン
- S ; S e r ; セリン
- T ; T h r ; スレオニン

V ; V a l ; バリン

W ; T r p ; トリプトファン

Y ; T y r ; チロシン

【0038】

アミノ酸残基の置換は、「置換前のアミノ酸残基」、「アミノ酸残基番号」及び「置換後のアミノ酸残基」の順番で1文字表記のアミノ酸残基記号で表わし、たとえば81位のチロシン残基がメチオニン残基に置き換わった変異はY 81 Mと表す。また、アミノ酸残基の挿入は、「挿入される部位のN末端側の挿入前のアミノ酸残基番号」、「挿入されたアミノ酸残基」及び「挿入される部位のC末端側の挿入前のアミノ酸残基番号」で表し、例えば84位のアミノ酸と85位のアミノ酸の間にはアラニンが挿入された場合84 A 85と表す。

【0039】

【実施例】

本発明を実施例をあげて説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

実施例1. ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子を含むプラスミドの作製

東洋紡績より市販されているプラスミドベクター-pBluescript II (KS+) の HindIII 部位にスルホロバス・アシドカルダリウス (Sulfolobus acidocaldarius) 由来のゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素（以下 SacGGPSと略す）遺伝子をサブクローニングした。このプラスミドDNAを pBs-SacGGPSとする。SacGGPS遺伝子は、平成 年 月 日付で工業技術院生命工学工業技術研究所に国際寄託された微研条寄第号 (FERM BP) のエシエリシアコーライ (Escherichia coli) DH5 $\alpha$  (pGGPS1) より入手できる。

【0040】

また、SacGGPS遺伝子の塩基配列は平成6年特許願第053804号やShin-ichi Ohnuma et al.(1994) The Journal of Biological Chemistry Vol. 269, pp.14792-14797または、GenBankなどの遺伝情報データベースでアクセスション番号D28748として公開されており、スルホロバス・アシドカルダリウ

ス (Sulfolobus acidocaldarius) も ATCC No. 33909 として ATCCなどの各種微生物の寄託期間から入手可能なので、通常の遺伝子クローニング法によって Sac GGP S 遺伝子部分の DNA を得ることができる。

## 【0041】

実施例 2. 変異導入用オリゴヌクレオチドの合成

ゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素遺伝子の変異導入のため下記のようなオリゴヌクレオチドをデザインし合成した。

プライマー-DNA (T78F, H81A) : 5' -CATACTTTTCCTTGTGGCTGAT  
GATATCATGGATC - 3' (配列番号: 3)

プライマー-DNA (T78F, H81L) : 5' -CATACTTTTCCTTGTGCTTGAT  
GATATCATGGATC - 3' (配列番号: 4)

プライマー-DNA (F77Y, T78F, H81L) : 5' -CATACTTATTCCT  
TGTGCTTGTGATATCATGGATC - 3' (配列番号: 5)

プライマー-DNA (F77Y, T78F, H81A) : 5' -CATACTTATTCCT  
TGTGGCTGATGATATCATGGATC - 3' (配列番号: 6)

プライマー-DNA (F77Y, T78S, V80I, I84L, 84PS85)  
: 5' -GTTCTTCATACTTATTGCTTATTGATAGTATT - 3' (配列番号: 7) 及び  
5' -ATTCATGATGATCTCCATCGATGGATCAAGAT - 3' (配列番号: 8)

## 【0042】

尚、変異 (F77Y, T78S, V80I, I84L, 84PS85) の導入には 2 つのオリゴヌクレオチドを使用した。まず、5' -GTTCTTCATACTTATTGCTTATTGATAGTATT - 3' (配列番号: 7) のオリゴヌクレオチドを用い実施例 3 に従い変異を導入し、実施例 4 に従い形質転換体を作製し、さらに得られたプラスミドに、5' -ATTCATGATGATCTCCATCGATGGATCAAGAT - 3' (配列番号: 8) のオリゴヌクレオチドを用い変異を導入した。

## 【0043】

これらのヌクレオチドは、Sac GGP S の 77 位のフェニルアラニン、78 位のスレオニン、80 位のバリン、81 位のヒスチジン及び 84 位のイソロイシンの内少なくとも 1 個のアミノ酸をコードするコドンに変異が導入されており

、そして又は84位のイソロイシンと85位のメチオニンの間に挿入されたアミノ酸をコードするコドンが導入されているのに加えて、新たに制限酵素BspH Iの切断部位（5' TCATGA3'）、EcoRV切断部位（5' GATATC3'）又はClaI切断部位（5' ATCGAT3'）が導入されるように設計されている。この、BspHI切断部位の導入ではコドンの縮重のためSacGGPS遺伝子がコードするアミノ酸配列は変化しないか、又は変異導入部位である。これらは、BstFPS遺伝子に置換変異が導入されると同時に制限酵素切断部位が新しく作られるので、適当な制限酵素で消化後のアガロースゲル電気泳動で置換変異導入されたプラスミドを検出するためのものである。

## 【0044】

これらプライマー-DNAは以下の反応溶液中で37℃で30分間リン酸化をした後、70℃で10分間失活処理する。

1.0 pmol/μl プライマー-DNA	2 μl
1.0x Kination緩衝液	1 μl
1.0 mM ATP	1 μl
H2O	5 μl
T4ポリヌクレオチドキナーゼ	1 μl

ただし、10x Kination緩衝液は、1000mM Tris-HCl (pH8.0)、100mM MgCl<sub>2</sub>、70mM DTT。

## 【0045】

実施例3. SacGGPS遺伝子の置換変異の導入

実施例2で作製した各プライマー-DNAを用いてKunkel法によって実施例1で作製したプラスミドに置換変異を導入した。Kunkel法を行うにあたっては、宝酒造から市販されているMutant-Kキットを用いた。実験手順もMutant-Kキット添付の実験書にしたがった。プラスミドの置換変異は必ずしもKunkel法である必要はなく、例えば、ポリメラーゼ鎖反応法（PCR）を用いる方法でもまったく同じ結果を得ることができる。

## 【0046】

Mutant-Kキット中の大腸菌CJ236をホストセルとしてプラスミドP

B s - S a c G G P S 中のチミン塩基がデオキシウラシル塩基に置き換わった一本鎖DNAを調製する。

得られた一本鎖DNAを鋳型にして相補鎖合成用プライマーDNAを下記のような反応溶液により65°Cで15分処理し37°Cで15分静置することによってアニーリングさせる。

一本鎖DNA	0. 6 pmol
アニーリング緩衝液	1 μl
プライマーDNA溶液(実施例2)	1 μl
H <sub>2</sub> O	最終容積10 μlにする

#### 【0047】

ただし、アニーリング緩衝液は、200mM Tris-Cl(pH8.0)、100mM MgCl<sub>2</sub>、500mM NaCl、10mM DTT。

さらに、25 μlの伸長緩衝液、60ユニットの大腸菌DNAリガーゼ、ユニットのT4 DNAポリメラーゼを加え、25°Cで2時間相補鎖合成反応させる。ただし、延長緩衝液は、50mM Tris-Cl(pH8.0)、60mM酢酸アンモニウム、5mM MgCl<sub>2</sub>、5mM DTT、1mM NAD、0.5mM dNTP。

反応後、3 μlの0.2M EDTA(pH8.0)を加え、65°C 5分間処理することにより反応停止させる。

#### 【0048】

#### 実施例4. Sac G G P S 遺伝子の置換変異の導入された遺伝子を持つ形質転換体の作製

実施例3により作製したDNA溶液を用いて、下記のようにしてEscherichia coli XL1-BlueへCaCl<sub>2</sub>法により形質転換した。別の方法、例えば、エレクトロポーレーション法によっても同様の結果が得られる。宿主細胞もEscherichia coli XL1-Blue以外の細胞例えばJM109等を用いても同様の結果が得られる。

#### 【0049】

CaCl<sub>2</sub>法によって得られた形質転換体は、形質転換体選択マーカーであるアンピシリン含有寒天プレートにまき、37°Cで一晩培養する。

上記の様にして得られた形質転換体のうちBspHI、EcoRV又はClaIのいずれかの切断部位をSacGGPSコード領域に持つ置換変異型pBs-SacGGPSプラスミドを選択した。選択した置換変異型pBs-SacGGPSプラスミドのSacGGPS遺伝子の変異されるアミノ残基に対するコドン周辺の塩基配列をダイデオキシ法によって決定した。その結果、下記のような5の変異型SacGGPS遺伝子を含むpBs-SacGGPSプラスミドが得られた。77位のアミノ酸から85位のアミノ酸配列をコードする塩基配列を示す。

## 【0050】

変異

## 塩基配列

T78F, H81A : 5' - TTTTCCTTGTGGCTGATGATATCATG - 3'

(配列番号: 9)

T78F, H81L : 5' - TTTTCCTTGTGCTTGATGATATCATG - 3'

(配列番号: 10)

F77Y, T78F, H81L : 5' - TATTTCCTTGTGGCTGATGATATCATG - 3'

(配列番号: 11)

F77Y, T78F, H81A : 5' - TATTTCCTTGTGGCTGATGATATCATG - 3'

(配列番号: 12)

F77Y, T78S, V80I, I84L, 84PS85 : 5' - TATTCGCTTA  
TTCATGATGATCTCCATCGATG - 3' (配列番号: 13)

野生型 : 5' - TTTACGCTTGTGCATGATGATATTATG - 3' (配列番号: 14)

## 【0051】

実施例5. 変異型プレニル二リン酸合成酵素の活性測定

実施例4で得られた5種の変異型および1種の野生型SacGGPS遺伝子を含む、計6種の形質転換体から下記の様にして粗酵素液を調製した。

2xLB培地で一晩培養した形質転換体を遠心により集菌し、菌体破碎用緩衝液(50mM リン酸カルシウム緩衝液(pH5.8)、10mM β-メルカプトエタノール、1mM EDTA)に懸濁する。これを超音波破碎処理し4°C 10,000r.p.m.、10分遠心処理後の上清を55°Cで12時間熱処理し大腸菌由来のプレニル二リン酸

合成酵素活性を失活させた。これをさらに同条件で遠心処理し、その上清を粗酵素抽出液とした。さらに耐熱性を検討するためには60℃, 70℃又は80℃で(バシラス・ステアロサーモフィラス由来の酵素においては60℃, 65℃, 67℃又は70℃で)粗酵素抽出液を反応前に1時間インキュベーションした。反応は下記の反応溶液で55℃15分間行なった。

## 【0052】

[1- <sup>14</sup> C] イソペンテニル二リン酸 (1 Ci/mol)	25 nmol
アリル性二リン酸(ゲラニル二リン酸)	25 nmol
リン酸カリウム緩衝液(pH 5.8)	10 mM
MgCl <sub>2</sub>	5 mM
酵素液	100 μg

H<sub>2</sub>Oで200 μlにする。

反応後、反応溶液に飽和NaClを200 μl添加し、さらに1mlの水飽和ブタノールを加え、攪拌、遠心し、二相分離させる。得られたブタノール層800 μlに液体シンチレーター3mlを加えて、液体シンチレーションカウンターにより放射活性を測定する。結果を図2に示す。

## 【0053】

変異型プレニル二リン酸合成酵素においても変異前のゲラニルゲラニル二リン酸合成酵素と同等の熱安定性を示した。また、バシラス・ステアロサーモフィラス由来のファルネシリル二リン酸合成酵素より高い熱安定性を示した。

残りのブタノール層は加温しながら窒素ガスを吹き付け溶媒を蒸発させて0.5 ml程度まで濃縮する。これに、メタノール2mlとポテト酸性 fosfotaurine 溶液(2 mg/ml ポテト酸性 fosfotaurine, 0.5 M 酢酸ナトリウム(pH 4.7) 1 mlを加え37℃で脱リン酸化反応を行なう。つぎに、n-ペンタン3mlで脱リン酸化された反応産物を抽出する。

## 【0054】

これを、窒素ガス吹き付けにより溶媒を蒸発させて濃縮しこれをTLC(逆層TLCプレート: LKC18(Whatman社製)、展開溶媒: アセトン/水=9/1)により解析する。展開された脱リン酸化された反応産物はバイオイメージア

ナライザーBAS2000（富士写真フィルム社製）によって放射活性の位置を決定した。ゲラニル二リン酸をアリル性基質として用いた結果を図3に示す。

変異型プレニル二リン酸合成酵素においては反応生成物がファルネシル二リン酸であることを示した。

【0055】

## 【配列表】

配列番号：1

配列の長さ：330

配列の型：アミノ酸残基

トポロジー：直鎖状

配列の種類：蛋白質

起源：

生物名：スルホロバス・アシドカルダリウス (Sulfolobus acidocaldarius)

株名：ATCC33909

配列の特徴：

特徴を表わす記号：アスパラギン酸リッチドメイン (Asp-rich domain)

存在位置：82-86

Met Ser Tyr Phe Asp Asn Tyr Phe Asn Glu Ile Val Asn Ser Val Asn

5 10 15

Asp Ile Ile Lys Ser Tyr Ile Ser Gly Asp Val Pro Lys Leu Tyr Glu

20 25 30

Ala Ser Tyr His Leu Phe Thr Ser Gly Gly Lys Arg Leu Arg Pro Leu

35 40 45

Ile Leu Thr Ile Ser Ser Asp Leu Phe Gly Gly Gln Arg Glu Arg Ala

50 55 60

Tyr Tyr Ala Gly Ala Ala Ile Glu Val Leu His Thr Phe Thr Leu Val

65 70 75 80

His Asp Asp Ile Met Asp Gln Asp Asn Ile Arg Arg Gly Leu Pro Thr

85 90 95

Val His Val Lys Tyr Gly Leu Pro Leu Ala Ile Leu Ala Gly Asp Leu

100 105 110

Leu His Ala Lys Ala Phe Gln Leu Leu Thr Gln Ala Leu Arg Gly Leu

115 120 125

Pro Ser Glu Thr Ile Ile Lys Ala Phe Asp Ile Phe Thr Arg Ser Ile  
 130 135 140  
 Ile Ile Ile Ser Glu Gly Gln Ala Val Asp Met Glu Phe Glu Asp Arg  
 145 150 155 160  
 Ile Asp Ile Lys Glu Gln Glu Tyr Leu Asp Met Ile Ser Arg Lys Thr  
 165 170 175  
 Ala Ala Leu Phe Ser Ala Ser Ser Ile Gly Ala Leu Ile Ala Gly  
 180 185 190  
 Ala Asn Asp Asn Asp Val Arg Leu Met Ser Asp Phe Gly Thr Asn Leu  
 195 200 205  
 Gly Ile Ala Phe Gln Ile Val Asp Asp Ile Leu Gly Leu Thr Ala Asp  
 210 215 220  
 Glu Lys Glu Leu Gly Lys Pro Val Phe Ser Asp Ile Arg Glu Gly Lys  
 225 230 235 240  
 Lys Thr Ile Leu Val Ile Lys Thr Leu Glu Leu Cys Lys Glu Asp Glu  
 245 250 255  
 Lys Lys Ile Val Leu Lys Ala Leu Gly Asn Lys Ser Ala Ser Lys Glu  
 260 265 270  
 Glu Leu Met Ser Ser Ala Asp Ile Ile Lys Lys Tyr Ser Leu Asp Tyr  
 275 280 285  
 Ala Tyr Asn Leu Ala Glu Lys Tyr Tyr Lys Asn Ala Ile Asp Ser Leu  
 290 295 300  
 Asn Gln Val Ser Ser Lys Ser Asp Ile Pro Gly Lys Ala Leu Lys Tyr  
 305 310 315 320  
 Leu Ala Glu Phe Thr Ile Arg Arg Arg Lys  
 325 330

【0056】

配列番号：2

配列の長さ：993

配列の型：核酸

鎖の数：二本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：Genomic DNA

起源：

生物名：スルホロバス・アシドカルダリウス (Sulfolobus acidocaldarius)

株名：ATCC 33909

配列の特徴：特徴を表わす記号：アスパラギン酸-rich ドメインコード領域  
(Asp-rich domain coding)

存在位置：246-258

ATGAGTTACT TTGACAACTA TTTTAATGAG ATTGTTAATT CTGTAAACGA CATTATTAAG	60
AGCTATATAT CTGGAGATGT TCCTAAACTA TATGAAGCCT CATATCATTT GTTTACATCT	120
GGAGGTAAGA GGTAAAGACC ATTAATCTTA ACTATATCAT CAGATTATT CGGAGGACAG	180
AGAGAAAGAG CTTATTATGC AGGTGCAGCT ATTGAAGTTC TTCATACTTT TACGCTTGTG	240
CATGATGATA TTATGGATCA AGATAATATC AGAACAGGGT TACCCACAGT CCACGTGAAA	300
TACGGCTTAC CCTTAGCAAT ATTAGCTGGG GATTTACTAC ATGCAAAGGC TTTTCAGCTC	360
TTAACCCAGG CTCTTAGAGG TTTGCCAAGT GAAACCATAA TTAAGGCTTT CGATATTTTC	420
ACTCGTTCAA TAATAATTAT ATCCGAAGGA CAGGCAGTAG ATATGGAATT TGAGGACAGA	480
ATTGATATAA AGGAGCAGGA ATACCTTGAC ATGATCTCAC GTAAGACAGC TGCATTATTC	540
TCGGCATCCT CAAGTATAGG CGCACTTATT GCTGGTGCTA ATGATAATGA TGTAAGACTG	600
ATGTCTGATT TCGGTACGAA TCTAGGTATT GCATTTCAGA TTGTTGACGA TATCTTAGGT	660
CTAACAGCAG ACGAAAAGGA ACTTGGAAAG CCTGTTTTA GTGATATTAG GGAGGGTAAA	720
AAGACTATAC TTGTAATAAA AACACTGGAG CTTGTAAAG AGGACGAGAA GAAGATTGTC	780
CTAAAGGCGT TAGGTAATAA GTCAGCCTCA AAAGAAGAAT TAATGAGCTC AGCAGATATA	840
ATTAAGAAAT ACTCTTACA TTATGCATAC AATTAGCAG AGAAATATTA TAAAAATGCT	900
ATAGACTCTT TAAATCAAGT CTCCTCTAAG AGTGATATAC CTGGAAAGGC TTTAAAATAT	960
CTAGCTGAAT TTACGATAAG AAGGAGAAAA TAA	

【0057】

配列番号：3

配列の長さ：37

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：合成DNA

配列

CATACTTTT TCCTTGTGGC TGATGATATC ATGGATC

37

【0058】

配列番号：4

配列の長さ：37

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：合成DNA

配列

CATACTTTT TCCTTGTGCT TGATGATATC ATGGATC

37

【0059】

配列番号：5

配列の長さ：37

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：合成DNA

配列

CATACTTATT TCCTTGTGCT TGATGATATC ATGGATC

37

配列番号：6

配列の長さ：37

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖



配列

TTTTCCCTTG TGGCTGATGA TATCATG

27

【0063】

配列番号：10

配列の長さ：27

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：合成DNA

配列

TTTTCCCTTG TGCTTGATGA TATCATG

27

【0064】

配列番号：11

配列の長さ：27

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：合成DNA

配列

TATTCCTTG TGCTTGATGA TATCATG

27

【0065】

配列番号：12

配列の長さ：27

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：合成DNA

配列

TATTCCTTG TGGCTGATGA TATCATG

27

【0066】

配列番号：13

配列の長さ：33

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：合成DNA

配列

TATTCGCTTA TTCAATGATGA TCTTCCATCG ATG

33

【0067】

配列番号：14

配列の長さ：27

配列の型：核酸

鎖の数：一本鎖

トポロジー：直鎖状

配列の種類：合成DNA

配列

TTTACGCTTG TGCATGATGA TATTATG

27

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

図1は、各種プレニルニリン酸合成酵素の領域(I)～(V)、並びにアスパラギン酸リッヂドメインI、を示す図である。図中、配列はゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素のアミノ酸配列を示し、ATGERPYRSはArabidopsis thaliana、LA15778.pはLupinus albus、CAGERDIS.はCapsicum annuum、ATGGPSRP.はArabidopsis thaliana、GGPS-pepはSulfobolus acidocaldarius、SPCRT. pepはRhodobacter sphaeroides、RCPHSYNG.はRhodobacter capsulatus、EHCRTS. peはErwinia herbicola、MXCRTNODAはMyxococcus thaliana、NCAL3. pepはNeurospora crassa由来のものを示す。それぞれのアミノ酸配列の左側に記載されている数字は、それぞれのアミノ酸配列のN末端の、それぞれのゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素におけるN末端側からの部位である。

## 【図2】

図2は、変異型プレニルニリン酸合成酵素の熱安定性を示す図である。縦軸は60℃でインキュベーション時の活性を100%とした相対活性を示す。横軸はインキュベーション温度を示す。SacGGPSは変異前のゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素である。他はそれぞれの変異型酵素である。BstFPSはバシラス・テアロサーモフィラス由来のファルネシルニリン酸合成酵素である。

## 【図3】

図3は、ゲラニルニリン酸をアリル性基質としたときの変異型プレニルニリン酸合成酵素反応産物の脱リン酸化物の薄層クロマトグラフィーによる展開パターンを示す。図面代用写真である。図中o r i. は展開のオリジン、s. f. はソルベントフロントを示す。

また、GOHはゲラニオール、FOHはファルネソール、GGOHはゲラニルゲラニルオール、GFOHはゲラニルファルネソールであり、それぞれゲラニルニリン酸、ファルネシルニリン酸、ゲラニルゲラニルニリン酸、ゲラニルファルネシルニリン酸の脱リン酸化により生成する。SacGGPSは変異前のゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素である。他はそれぞれの変異型酵素である。

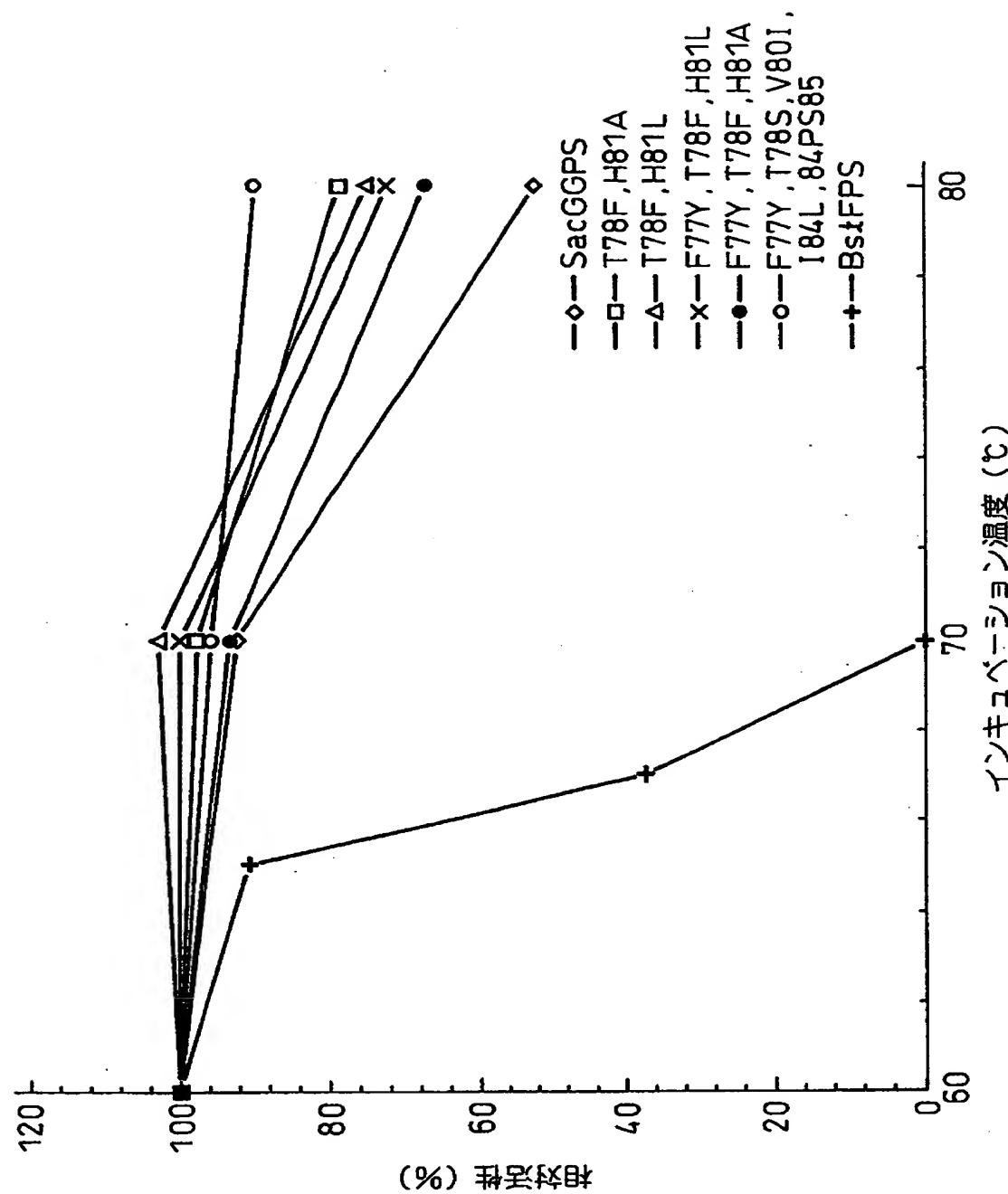
【書類名】

図面

【図1】

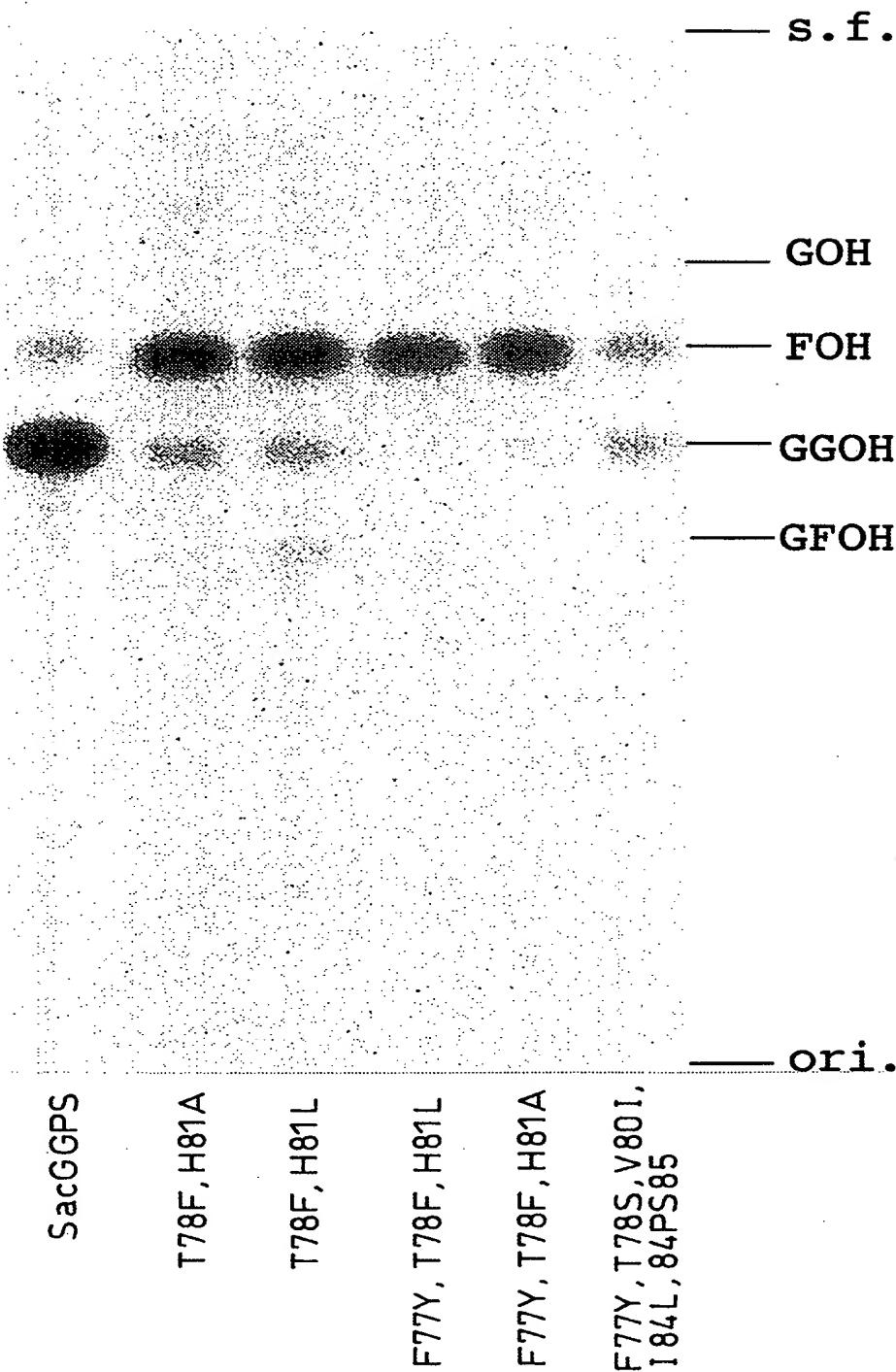
領域I	領域II	領域III	領域IV	領域V
ATGERPYRS LA15778. p	116 GGKRVVR 110 . . . . .	147 EMIHTMSL1HDDLP CMNDLRRG 141 . . . . .	238 GQVVVD 230 . . . . .	283 GLLFQVVDDIL_DVTKSSK_ELGKTAGKDLIADK 282 . . . . .
CAGERDIS.	118 . . . . .	149 . . . . .	238 . . . . A 238 . . . . .	281 . . . . .
ATGGPSRP.	88 . P . AP	119 . V . AA 74 . VL . FT . V	211 . Y . . 1 . Q . NI . .	286 M . Y . . 286 . T . KK . .
GGPS. pep	43 . . . L .	95 . L . CA . V	160 . A . . 185 . GWE	285 . GLTADKE . . 285 . PVFS . IREG .
SPCRT. pep	64 . A . I .	223 . LM . CA . V	313 . AWE 313 . A . I . .	284 . ALCDAE . . 284 . P . Q . HAR
RCPHSYNG.	192 . A . I .	86 . LT . A . ML	175 . FR . 199 . AE . .	283 . ALM . AE . AM . . 283 . P . Q . LANER
EHCRTS. pe	54 . . . I .	136 . LL . FL . .	199 . YL . 260 . GM . .	282 . LK . . . 282 . DRN . A . G .
MXCRTNODA	104 . . . L .	197 . . . DI .	226 . L . A . LV . .	281 . QA . LL . . 281 . HPET . .
NCAL3. pep				280 . AY . LR . . 280 . GLFGD . NV . A . . 280 . FLQG . . 280 . GMCE . . 280 . TEG . .

【図2】



特平 8-213211

【図3】



図面代用写真

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より短いプレニル二リン酸を合成することができる変異型プレニル二リン酸合成酵素の提供。

【解決手段】 プレニル二リン酸合成酵素において第二領域のアスパラギン酸リチドメインDDXX (XX) D (Xは任意のアミノ酸を示し、カッコ内のXXは存在しない場合もある) 中又はその上流においてアミノ酸配列の修飾を施すことにより、生来の酵素より短いプレニル二リン酸を合成することができる変異型プレニル二リン酸合成酵素。

【選択図】 なし

【書類名】 職権訂正データ  
 【訂正書類】 特許願

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
トヨタ自動車株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100077517

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル  
青和特許法律事務所

【氏名又は名称】 石田 敬

## 【代理人】

【識別番号】 100087871

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル  
青和特許法律事務所

【氏名又は名称】 福本 積

## 【代理人】

【識別番号】 100088269

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル  
青和特許法律事務所

【氏名又は名称】 戸田 利雄

## 【代理人】

【識別番号】 100082898

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル  
青和特許法律事務所

【氏名又は名称】 西山 雅也

出願人履歴情報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
氏 名 トヨタ自動車株式会社